



「南極30m級テラヘルツ望遠鏡によるサイエンス」

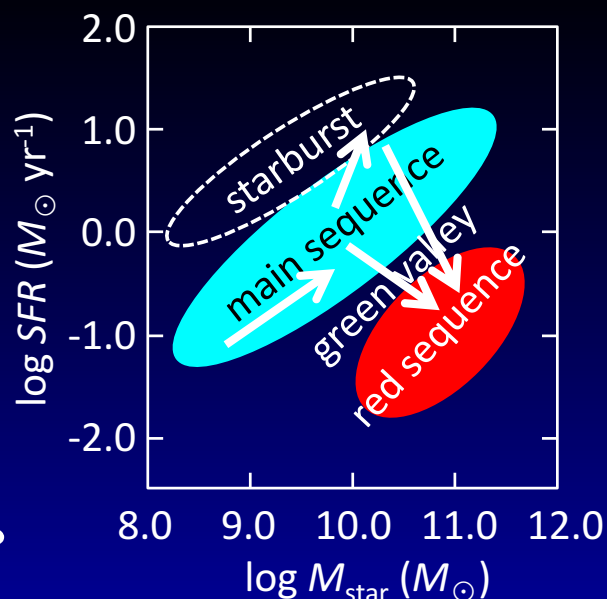
# 南極30m級テラヘルツ望遠鏡で 探る近傍銀河(連続波観測)

北海道大学大学院理学研究院物理学部門  
／理学院宇宙理学専攻

徂徠 和夫

## 銀河進化と近傍銀河

- 銀河進化
  - 星間ガスから星への転換
- 近傍銀河(現在の銀河)
  - 星生成活動の終焉
  - 終了させる機構は？

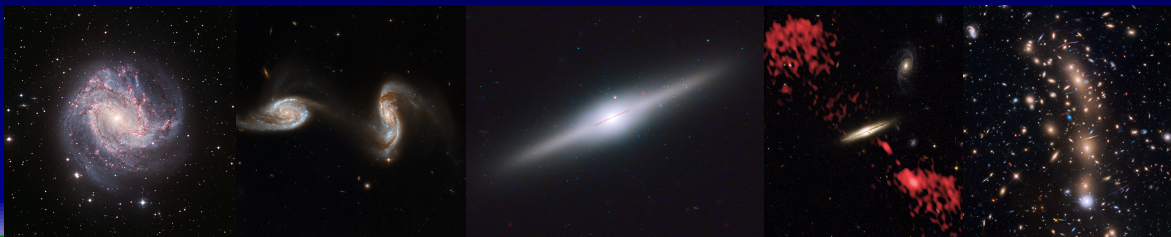


(Schiminovich+ 2007を改変)



# 近傍銀河で解明すべきこと

- kpcスケールの銀河構造と分子雲／星形成
- 銀河間相互作用と分子雲／星形成
- 銀河円盤とハローの間の物質循環
- 銀河円盤と中心核活動性
- 遠方銀河との比較



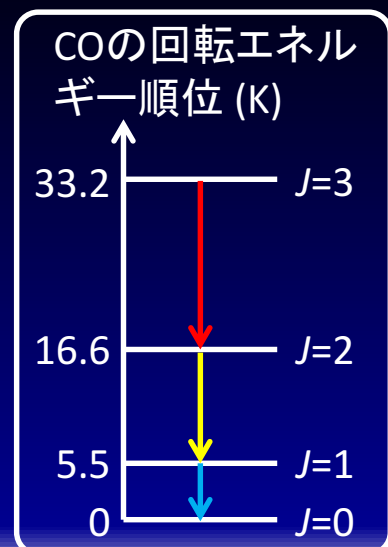
(<http://hubblesite.org/>)



北海道大学

## 分子ガスのトレーサー：CO

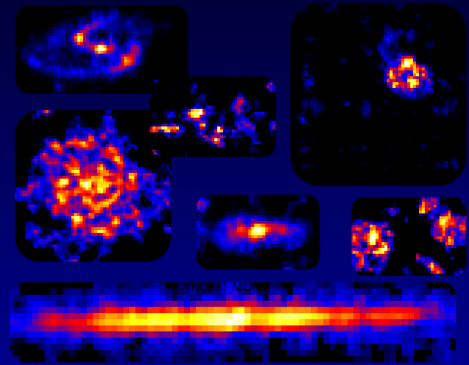
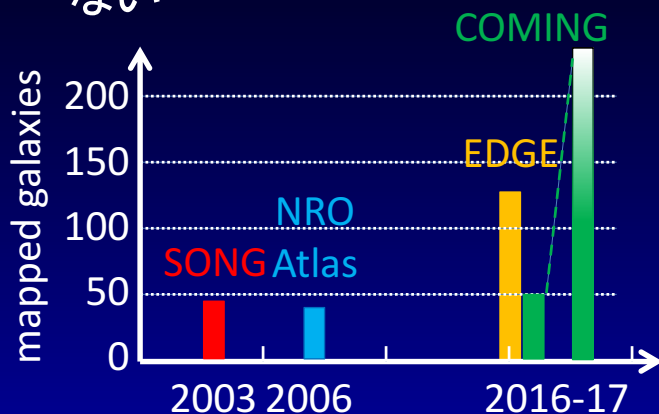
- 低温 ( $\lesssim 40$  K) のため、 $H_2$  は放射できない
- $^{12}CO$   $J=1-0$  のスペクトル線の観測 ( $\sim 115$  GHz)
  - ⇔ AGN やスターバースト領域との違い
- 変換係数を用いて  $H_2$  に  
 $N(H_2)/I_{CO}$   
 $\sim 2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2} (\text{K km s}^{-1})^{-1}$



北海道大学

# 進行中の大規模探査: COMING

- 過去の系統的撮像  
他波長より圧倒的に少ない
- COMING  
世界最大



北海道大学

## これまでの近傍銀河の観測

- 形態 明るい晩期型渦巻銀河に集中
- 赤方偏移 低赤方偏移は少数
- 空間分解能 数100 pc – 数kpc
- 広がり 多くは  $\ll D_{25}$  や 1点観測
- 質量の精度 多くは変換係数を固定

→ 実は不正確な点が多い

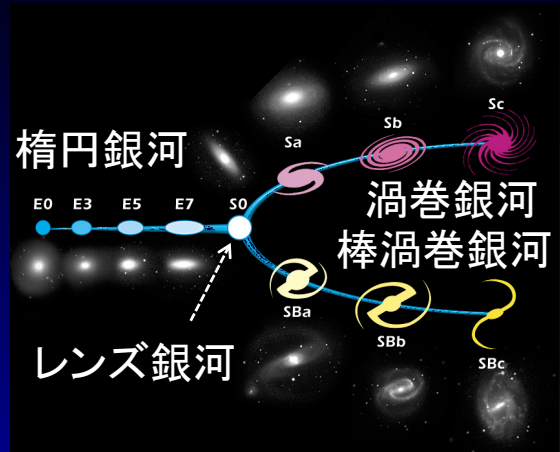


北海道大学

# 銀河の形態と分子ガス量

- 晩期型渦巻銀河ほど分子ガス量は多い

- 約2000天体(撮像観測は約100)の主な対象:
  - 遠赤外線が明るい
  - 星質量が大きい
  - 銀河団銀河は殆どがおとめ座銀河団



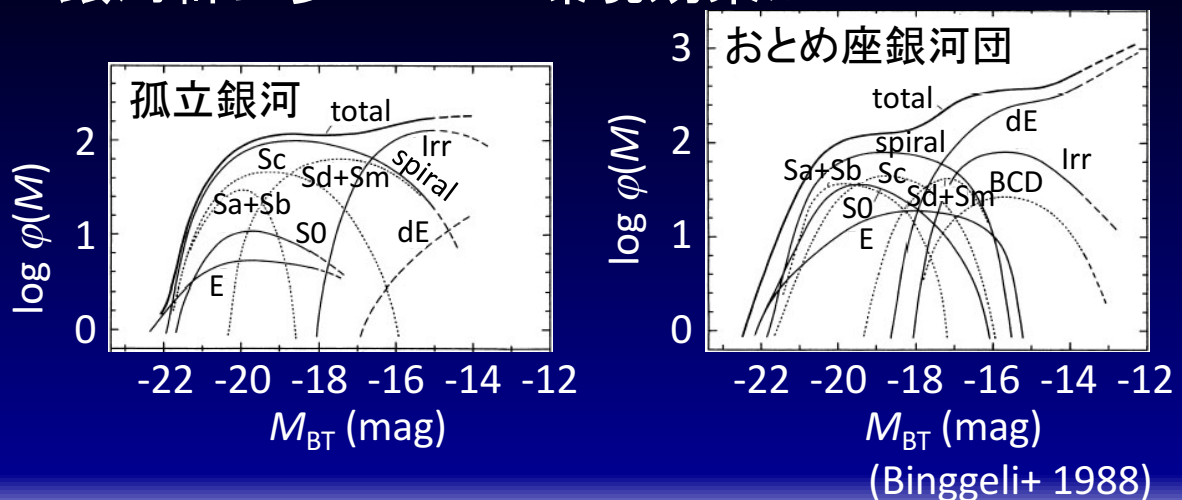
(<http://skyserver.sdss.org/>を改変)



北海道大学

# 孤立銀河と銀河団銀河の光度関数

- 矮小楕円銀河／矮小楕円体銀河は銀河団・銀河群に多い → 環境効果か

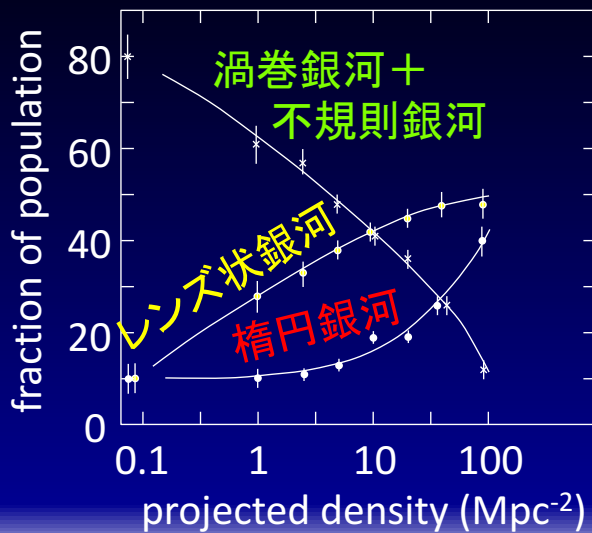


北海道大学

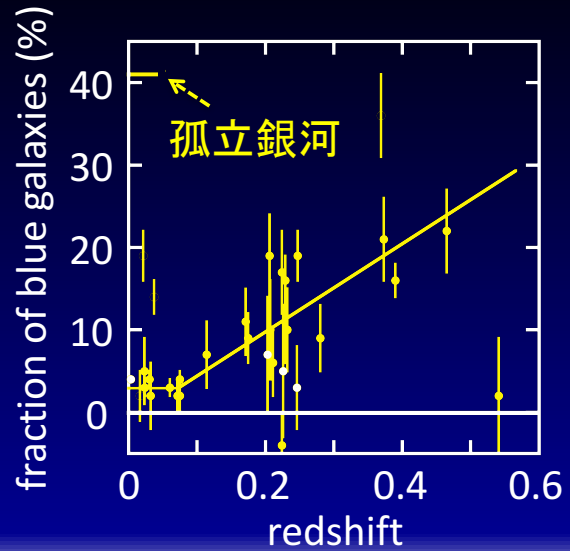


# 銀河の環境効果

- 形態-密度関係



- Butcher - Oemler関係



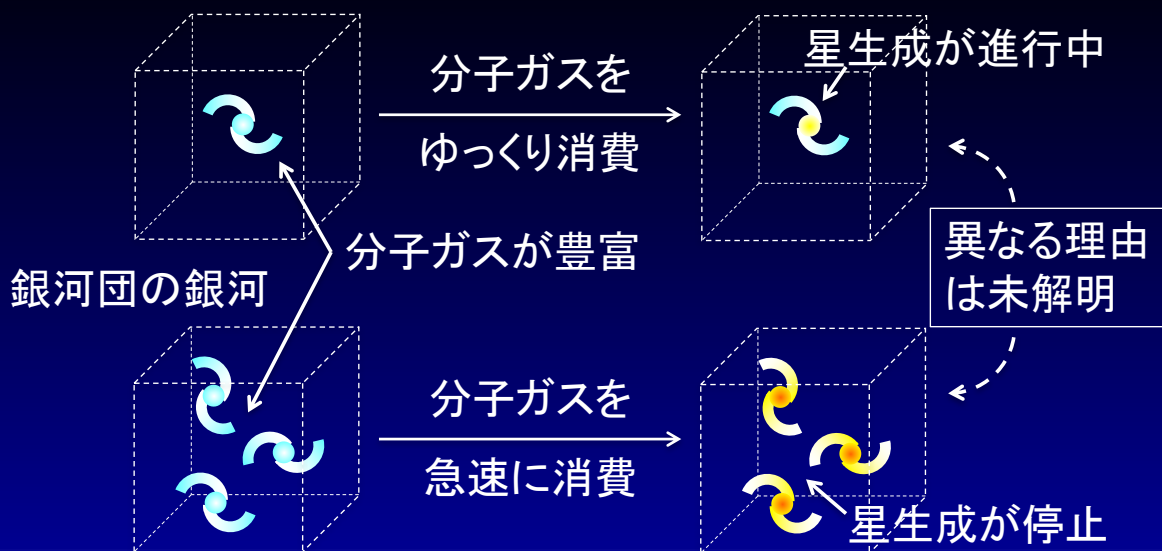
(Dressler 1980; Butcher & Oemler 1984)



北海道大学

# 銀河進化に対する環境効果

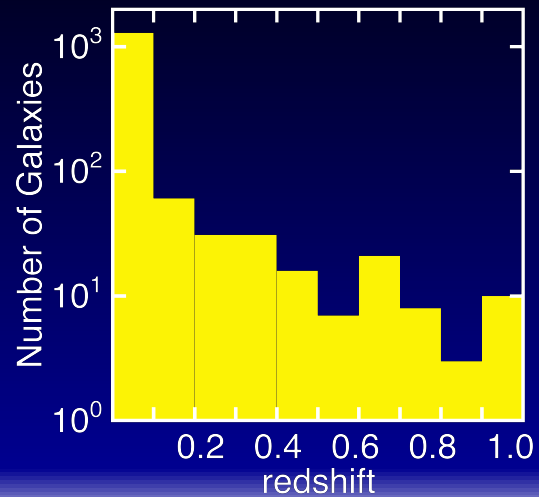
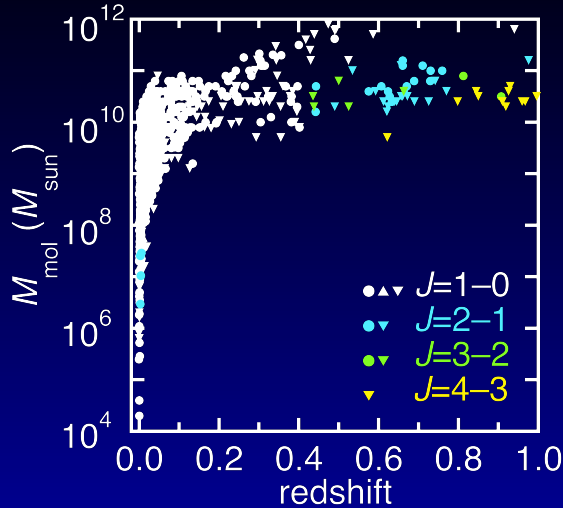
孤立した銀河



北海道大学

# 低赤方偏移銀河の観測

- 赤方偏移  $\geq 0.2$  の天体はごくわずか

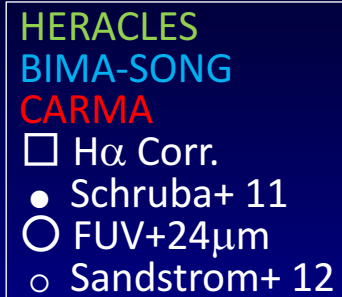
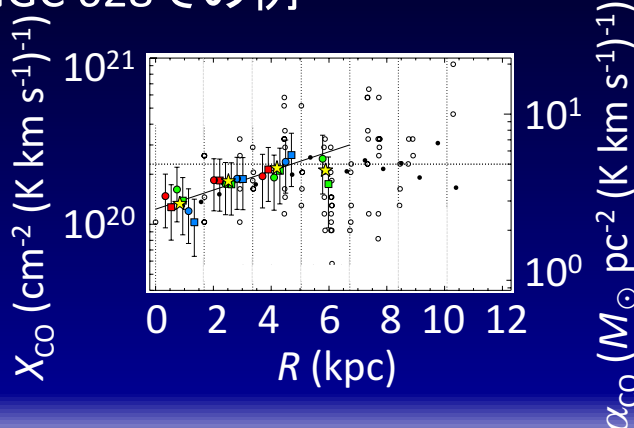


北海道大学

## $N(\text{H}_2)/I_{\text{CO}}$ 変換係数

- 金属量の小さい銀河では大 (マゼラン雲 etc.)
- 円盤銀河内で勾配あり (?)

NGC 628での例



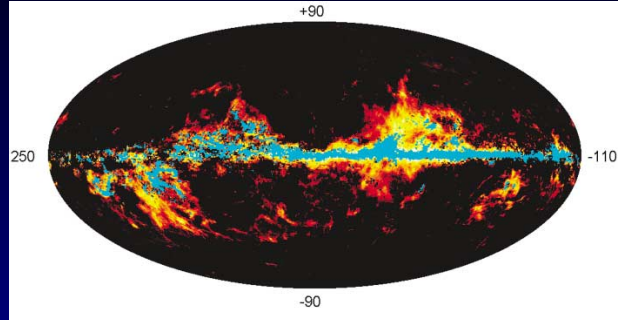
(Blanc+ 2013)



北海道大学

# CO dark gas

- COが検出されないH<sub>2</sub>ガスが存在
- H<sub>2</sub> : dark : HI = 12 – 51% : 6 – 59% : 29 – 67% (Grenier+ 2005)
- [CII]輝線観測  
希薄なガスの77%,  
高密度ガスの20% (Langer+ 2014)
- $z \sim 0.05$ の銀河でも確認 (Wong+ 2017)



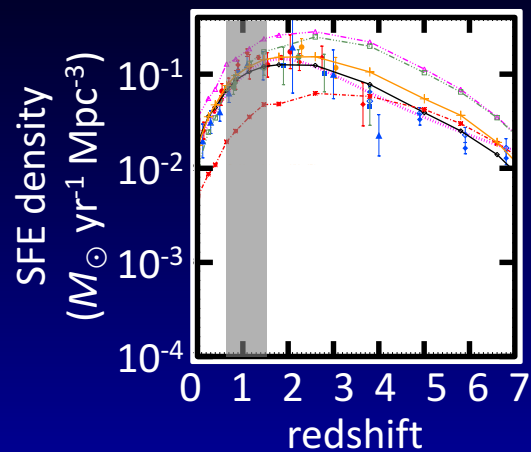
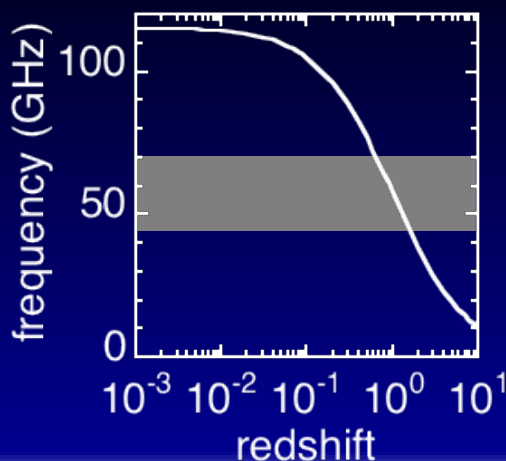
(Grenier+ 2005)



北海道大学

# 赤方偏移の「砂漠」

- $0.6 \lesssim z \lesssim 1.5$  は  $^{12}\text{CO } J=1-0$  の観測不可  
= 星生成活動が収まり始める時期



(Katsianis+ 2017)



北海道大学

# 南極望遠鏡を使った解決策

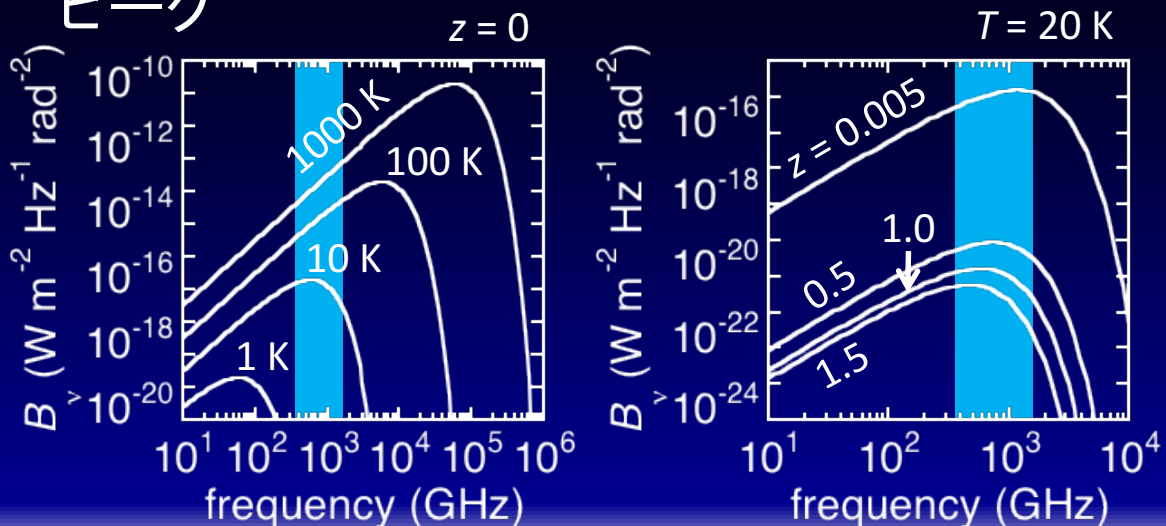
- CO  $J=1-0$  → 星間塵の連続波  
CI輝線の狭帯域撮像  
(Herschelでは36" @ 500 $\mu\text{m}$ が $\sim 4$ "に)
- 広視野を活かした撮像  
→ 銀河の外縁部もカバー  
銀河団全体をカバー
- 偏波観測で磁場を調べる



北海道大学

# 低温の分子ガスを探る別の手段

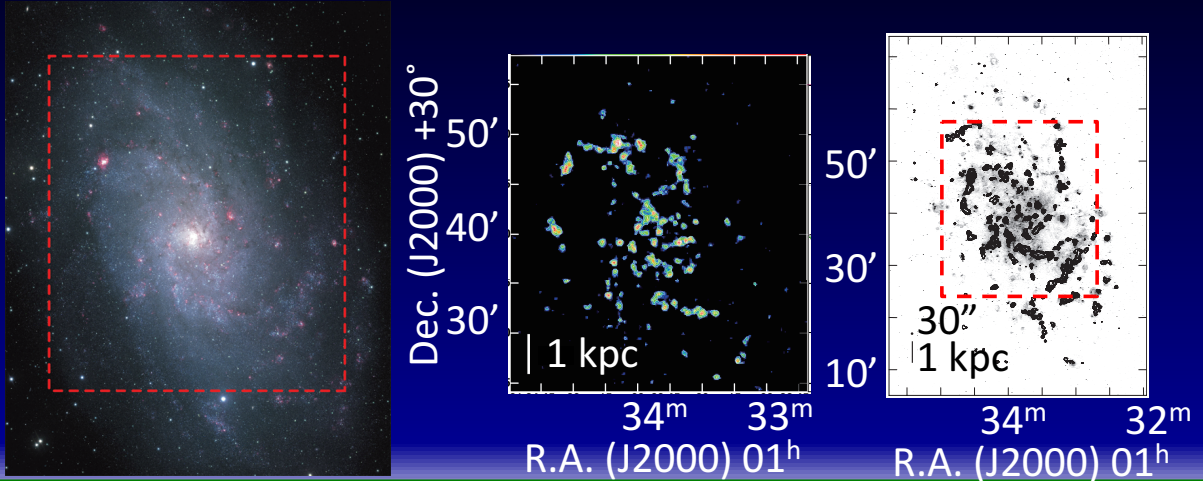
- 低温の星間塵の熱放射 → サブミリ波にピーク



北海道大学

# 渦巻銀河M 33の連続波観測

- 距離 : 840 kpc
- 形態 : SA(s)cd
- CO  $J=1-0$  @NRO 45m
- 1.1 mm @ASTE



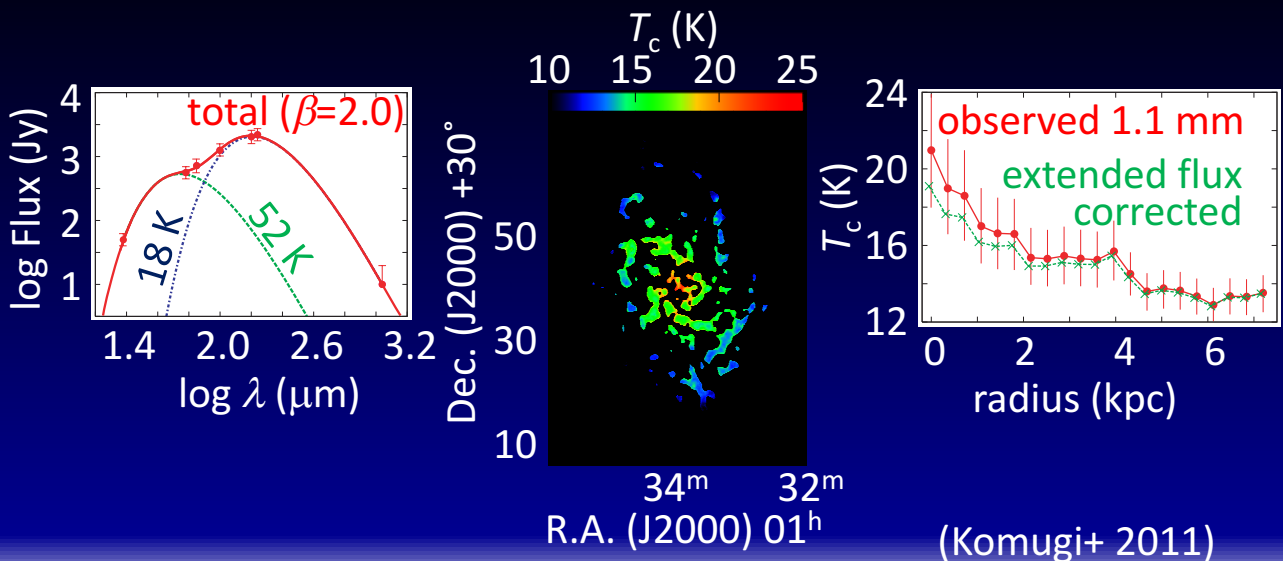
(Tosaki+ 2011; Komugi+ 2011)



北海道大学

# 渦巻銀河M 33の連続波観測

- 星間塵の温度の銀河勾配



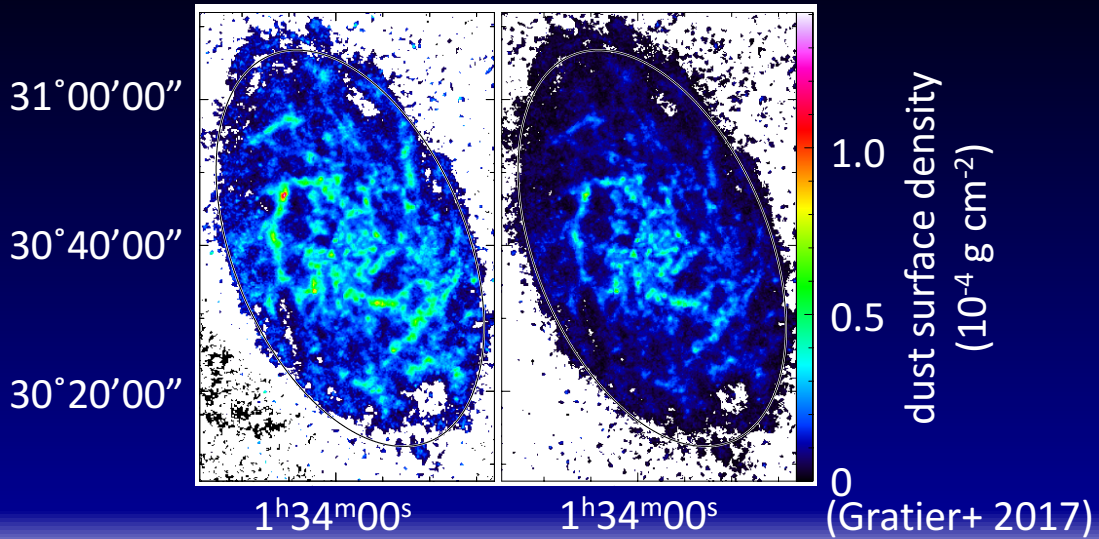
(Komugi+ 2011)



北海道大学

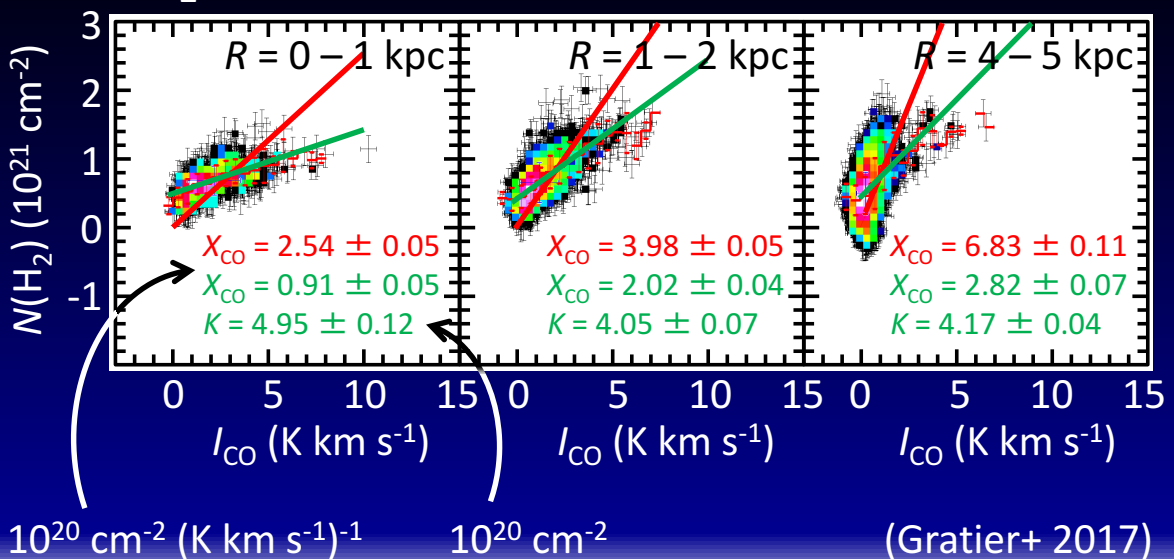
# Herschel衛星の観測

- 局部銀河群の渦巻銀河M 33



# Herschel衛星の観測

- CO-H<sub>2</sub>変換係数の銀河勾配





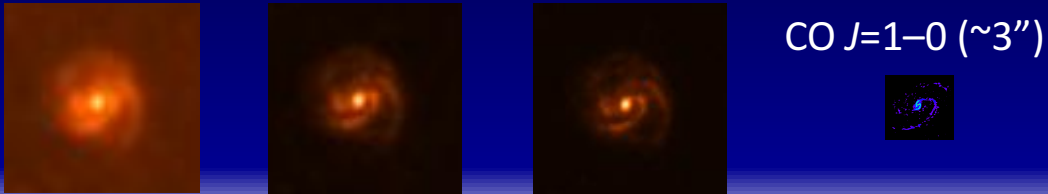
# Herschel衛星による近傍銀河の観測

- NGC 3627

500  $\mu\text{m}$  (36") 350  $\mu\text{m}$  (25") 250  $\mu\text{m}$  (18") CO  $J=1-0$  (17".4)



- NGC 4321

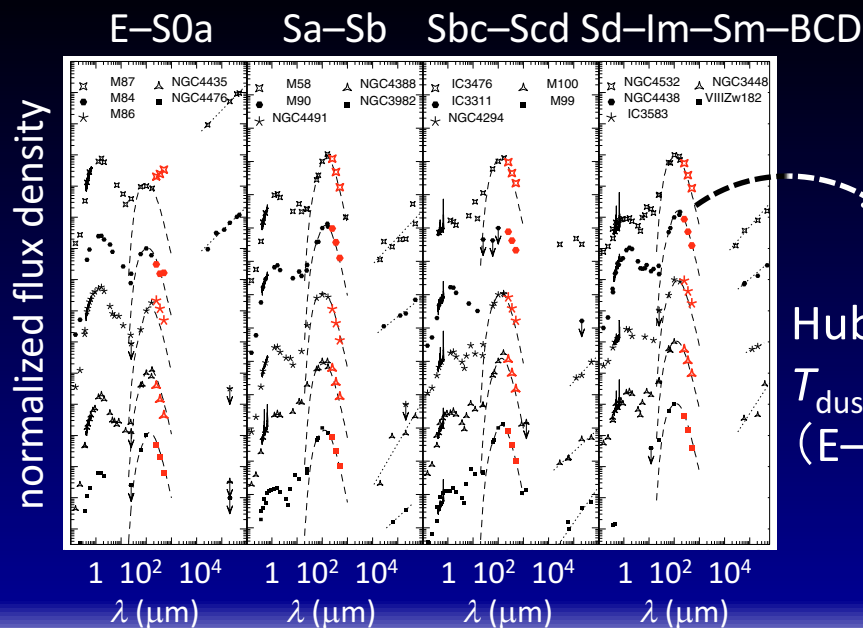


(<http://alma.mtk.nao.ac.jp/>)



北海道大学

## 近傍銀河のSED



$T_{\text{dust}} \approx 20 \text{ K}$

Hubble系列に沿って  
 $T_{\text{dust}}$  が上昇  
(E-S0aは逆に高い)

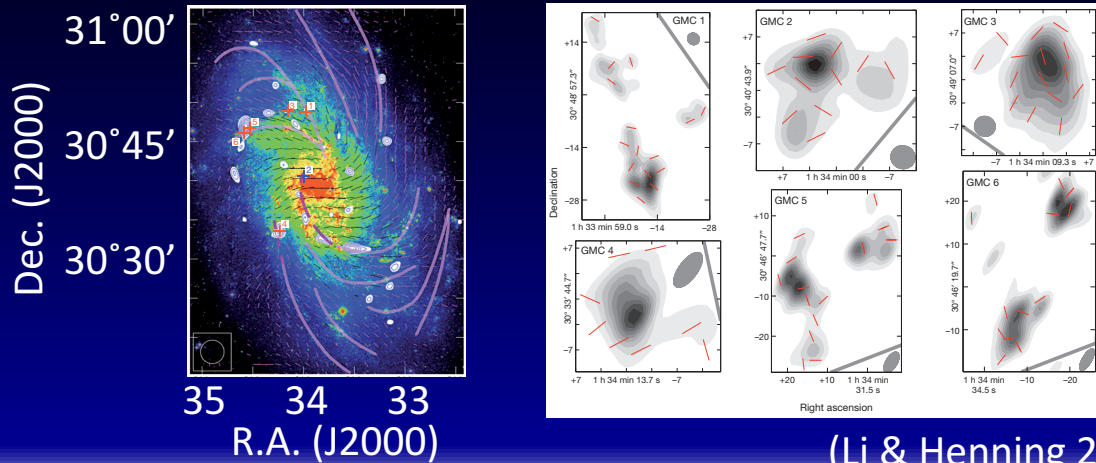
(Boselli+ 2010)



北海道大学

# 銀河磁場と分子雲形成

- M 33の分子雲の偏波観測 (CO  $J=2-1$ )  
– 分子雲内の磁場は渦状腕に沿う



北海道大学

## CI輝線と分子ガス

- $z \lesssim 1.5$  ( $z \sim 0.3$ を除く)をカバー  
→ 銀河進化を単一のトレーサーで追える
- MKIDによる狭帯域撮像 ( $R \sim 1000$ )  
→ ガスの(総)量, 赤方偏移を効率的に調べられる  
← 連続波探査と組み合わせると強み

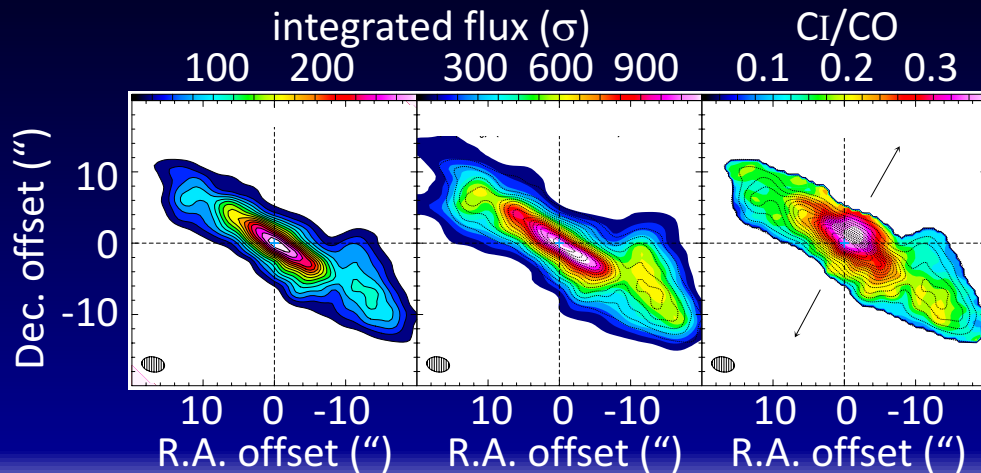


北海道大学

# ACAによるCI輝線観測

- NGC 253

- 中心核バーではCO  $J=1-0$ の約1/6で検出



(Krips+ 2016)



北海道大学

## まとめ

- 星間塵の連続波観測  
様々な形態・環境の銀河の正確な $H_2$ 量の測定
- CI輝線の狭帯域撮像  
高赤方偏移銀河と近傍銀河の星間ガスを直接比較
- 星間塵の偏波観測  
銀河磁場と分子雲形成



北海道大学

# まとめ

## 星間塵連続波による銀河探査

